

普通高校本科计算机专业特色教材精选·计算机原理

计算机操作系统（第3版）

彭民德 彭浩 等编著



清华大学出版社

普通高校本科计算机专业特色教材精选·计算机原理

计算机操作系统（第3版）

彭民德 彭浩 等编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地阐述了现代计算机操作系统的功能、结构和主要技术,包括进程与CPU管理、内存管理、设备管理和文件系统,讨论了操作系统的安全性。本版增加了关于云操作系统发展背景及其功能特性和结构的内容。书中详细地介绍了UNIX、Linux和Windows实例,每章都有重点演示和交互练习以及小结和习题。与本书配套的建立操作系统教学网站的电子文件可从出版社网站(<http://www.tup.com.cn>)下载,其中有动画讲解、交互练习、题目测试和问题讨论等内容。

本书是计算机专业本科教材,但对各个层次的读者学习计算机操作系统也有一定的帮助。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机操作系统/彭民德等编著. —3版. —北京:清华大学出版社,2014

普通高校本科计算机专业特色教材精选·计算机原理

ISBN 978-7-302-35585-4

I. ①计… II. ①彭… III. ①操作系统—高等学校—教材 IV. ①TP316

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第039825号

责任编辑:汪汉友

封面设计:傅瑞学

责任校对:时翠兰

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦A座 邮 编: 100084

社总机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印装者: 三河市李旗庄少明印装厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 17.25

字 数: 392千字

版 次: 2003年12月第1版 2014年4月第3版

印 次: 2014年4月第1次印刷

印 数: 1~2000

定 价: 29.50元

产品编号: 056863-01

出版说明

INTRODUCTION

在我国高等教育逐步实现大众化后,越来越多的高等学校将会面向国民经济发展的第一线,为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为此,教育部已经启动了“高等学校教学质量和教学改革工程”,强调要以信息技术为手段,深化教学改革和人才培养模式改革。如何根据社会的实际需要,根据各行各业的具体人才需求,培养具有特色显著的人才,是我们共同面临的重大问题。具体地说,培养具有一定专业特色的和特定能力强的计算机专业应用型人才则是计算机教育要解决的问题。

为了适应 21 世纪人才培养的需要,培养具有特色的计算机人才,急需一批适合各种人才培养特点的计算机专业教材。目前,一些高校在计算机专业教学和教材改革方面已经做了大量工作,许多教师在计算机专业教学和科研方面已经积累了许多宝贵经验。将他们的教研成果转化为教材的形式,向全国其他学校推广,对于深化我国高等学校的教学改革是一件十分有意义的事。

清华大学出版社在经过大量调查研究的基础上,决定组织编写一套《普通高校本科计算机专业特色教材精选》。本套教材是针对当前高等教育改革的新形势,以社会对人才的需求为导向,主要以培养应用型计算机人才为目标,立足课程改革和教材创新,广泛吸纳全国各地的高等院校计算机优秀教师参与编写,从中精选出版确实反映计算机专业教学方向的特色教材,供普通高等院校计算机专业学生使用。

本套教材具有以下特点。

1. 编写目的明确

本套教材是在深入研究各地各学校办学特色的基础上,面向普通高校的计算机专业学生编写的。学生通过本套教材,主要学习计算机科学与技术专业的基本理论和基本知识,接受利用计算机解决实际问题的基本训练,培养研究和开发计算机系统,特别是应用系统的基本能力。

2. 理论知识与实践训练相结合

根据计算学科的三个学科形态及其关系,本套教材力求突出学科的理论与实践紧密结合的特征,结合实例讲解理论,使理论来源于实践,又进一步指导实践。学生通过实践深化对理论的理解,更重要的是使学生学会理论方法的实际运用。在编写教材时突出实用性,并做到通俗易懂,易教易学,使学生不仅知其然,知其所以然,还要会其如何然。

3. 注意培养学生的动手能力

每种教材都增加了能力训练部分的内容,学生通过学习和练习,能比较熟练地应用计算机知识解决实际问题。既注重培养学生分析问题的能力,也注重培养学生解决问题的能力,以适应新经济时代对人才的需要,满足就业要求。

4. 注重教材的立体化配套

大多数教材都将陆续配套教师用课件、习题及其解答提示,学生上机实验指导等辅助教学资源,有些教材还提供能用于网上下载的文件,以方便教学。

由于各地区各学校的培养目标、教学要求和办学特色均有所不同,所以对特色教学的理解也不尽一致,我们恳切希望大家在使用教材的过程中,及时地给我们提出批评和改进意见,以便我们做好教材的修订改版工作,使其日趋完善。

我们相信经过大家的共同努力,这套教材一定能成为特色鲜明、质量上乘的优秀教材,同时,我们也希望通过本套教材的编写出版,为“高等学校教学质量和教学改革工程”做出贡献。

清华大学出版社

前言

PREFACE

自本书第2版以来, 计算机操作系统技术又有了较大的发展。信息技术进入了以“因特网+ 移动网”为特征的云计算和多核处理器结构的时期, 这种环境催生了云操作系统的出现。本次再版时, 对云计算环境的特点和云操作系统结构进行了讨论。第1章增加了云计算时代的操作系统、云操作系统、云计算分布式系统结构, 以及国产高性能计算机采用龙芯多核虚拟机结构的内容, 充实了有关操作系统的概念。第2章增加了有关多核环境的进程同步的内容。

鉴于云操作系统技术尚处在迅速发展之中, 还不能说技术已经成熟。有些精妙的东西, 也许开发者还作为自己的核心竞争力而没有公开。因此本次新增的有关内容, 诸如关于云计算、云存储、云虚拟资源管理、云资源消费等概念, 关于云操作系统功能和结构的描述, 关于云计算中心操作系统和云终端操作系统特性的归纳, 以及试图把云操作系统列入操作系统分类中的一个类别, 都还是一种尝试。希望我们的工作对读者有所帮助。如有不妥, 欢迎指正。

在本书第1.2.1节介绍了早期没有操作系统年代的计算机, 只能做简单的数值计算, 必须手工编程序才能使用, 上机操作过程也不得不无助地直接跟计算机硬件打交道。发展到今天配备了现代操作系统的计算机功能强大, 应用面无处不在, 而且指尖触屏式操作极其简单, 不再需要专业知识就能够轻松地使用计算机, 使用计算机不一定要做编程序的苦差事, 计算机变得亲切起来, 使用计算机成了一种享受。相比之下, 令跟计算机结缘几十年, 饱尝了其中苦辣酸甜的笔者感慨万千, 惊叹包括操作系统在内的计算机的巨大功绩, 对一代又一代为操作系统发展做出贡献的计算机科学家更生敬意。

在学习中, 我们也高兴地看到, 国产“龙芯”多核结构以及浪潮的云操作系统, 相当有特色。在当今世界信息技术发展的高平台上, 有一席之地, 书中也根据资料做了简单介绍。以往我们用机, 从事计算机教学, 都只是围着外国的计算机转, 现在能够在书中提到龙芯、曙光、浪潮, 这些中国人的IT品牌, 表明今天国人已经掌握了计算机的核心技术, 又看到由国家重点发展的云计算平台建设, 正在突飞猛进, 感到特别

惬意和兴奋。

笔者自 1981 年以来,一直担任计算机专业本专科和研究生操作系统课程教学,本书在本人讲稿的基础上写成。本书定位于计算机类本科专业教材,内容包含了操作系统主要的概念和技术:进程与处理机管理、调度与死锁、实存储器和虚拟存储器管理、设备管理、文件管理、操作系统的安全性等常规内容,并对流行的操作系统 UNIX 和 Windows 做了实例剖析。许多例题和习题是作者教学过程中积累,多届学生做过的。书稿力求保持整体上系统而简略的风格。高级工程师彭文新参与编写了第 7 章,李亮参编了第 8 章。肖健宇教授为本书一批技术名词首次出现时加了英文注释。

为了对书上讨论的内容有更感性的认识,每章后面都有“重点演示和交互练习”,这与我们开发的一个教学网站相联系。20 世纪 90 年代中期有了因特网后,我们开始带领学生制作基于 Web 的教学课件。李建华教授、张伟博士,是开发上述教学网站课件的早期合作者。后来单先余高级工程师协助指导学生,继续对课件做了改进,并创建了实用的网站。教学网站上有近千个多媒体网页可以浏览,书上的内容网页上基本都有,实例部分网站的内容比书上更丰富。网站上还有部分动态网页,可以交互练习和交互测试。本书第 1 版曾经同时印了教学网站的资料光盘,后来考虑到节省学习成本,没有再附,本次再版依然如此。网站尚待完善,有许多工作可做。好在资料是开放的,包括源代码在内,有兴趣的读者可以在此基础上进一步开发运用。如有老师需要,可以从清华大学出版社的网站下载资料,也可以跟作者联系索要,E-mail: mdpeng40@126.com。

清华大学史美林教授和向勇博士,他们在主持全国性操作系统教学研讨会时,曾经观看我们的网站演示,给予了肯定和鼓励,在本书出版立项时再次做了认真审查,并给予支持。在此谨表示特别感谢。笔者还要特别感谢浪潮集团提供《浪潮云海·云数据中心操作系统 V3.0 技术白皮书》,大数据产品部云海 OS 规划经理张旭芳女士又给予具体解释,我们才能够在书中简明地引述他们最新的云操作系统技术成果,让读者分享。

肖健宇、伍桂生、张桂芳、张建明等老师多年来一直使用本教材,并不断提出改进意见。本书的使用也得到了杨路明、陆惠民、陈继峰、陈振教授和马华、彭浩主任的大力支持,在此一并深表感谢。

彭民德

2014 年 2 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 操作系统引论	1
1.1 操作系统的功能和特征	1
1.1.1 操作系统的功能	1
1.1.2 操作系统的外特征	5
1.1.3 操作系统的微观特征	7
1.1.4 操作系统的基本技术	9
1.1.5 多道程序设计的实现	9
1.2 操作系统发展简史	10
1.2.1 从无助的人工操作到作业自动定序	10
1.2.2 20 世纪 60 年代中期的 IBM OS/360	13
1.2.3 从 CTSS、MULTICS 到 UNIX	14
1.2.4 个人计算机上的 DOS 和 Windows	16
1.2.5 云计算时代的操作系统	18
1.2.6 操作系统的发展动力	24
1.3 操作系统的基本类型	25
1.3.1 批处理系统	25
1.3.2 分时系统	26
1.3.3 实时系统	27
1.3.4 个人机操作系统	27
1.3.5 网络操作系统	28
1.3.6 分布式操作系统	28
1.3.7 云操作系统	28
1.4 操作系统结构	29
1.4.1 整体式系统	29
1.4.2 层次式系统	30
1.4.3 虚拟机	31
1.4.4 客户机/服务器系统	33

1.4.5	云计算分布式系统结构	35
1.5	操作系统基本概念	36
1.6	重点演示和交互练习:多道程序设计	41
	小结	42
	习题	43
第2章	进程及其管理	47
2.1	进程的概念及其引入	47
2.1.1	并发程序的特征	47
2.1.2	进程的定义	48
2.1.3	进程与程序的联系和区别	49
2.2	进程的描写	49
2.2.1	进程实体	49
2.2.2	PCB	49
2.2.3	PCB 队列	50
2.3	进程状态及转化	50
2.3.1	进程状态	50
2.3.2	进程状态转化	51
2.4	进程管理	51
2.4.1	进程管理原语	51
2.4.2	创建进程的时机	51
2.4.3	创建进程的基本操作	52
2.5	进程互斥与同步	52
2.5.1	进程互斥与同步的概念	52
2.5.2	临界区准则	53
2.5.3	临界区的软件解决方案	53
2.5.4	用屏蔽与开放中断指令实现临界区	54
2.5.5	上锁与解锁指令	55
2.5.6	信号量与 P、V 操作	55
2.5.7	经典同步问题	58
2.6	进程间的通信	62
2.6.1	软中断通信	62
2.6.2	共享存储区(剪贴板)通信	63
2.6.3	管道通信	64
2.6.4	消息通信	64
2.7	线程	66
2.7.1	线程概念的引入	67
2.7.2	线程与进程的比较	67

2.8	多核环境的进程同步	68
2.9	重点演示和交互练习：经典同步问题	69
2.9.1	生产者—消费者问题的 Java 程序实现	69
2.9.2	读者—写者问题的 Java 程序实现	70
2.9.3	哲学家就餐问题的 Java 程序实现	71
小结		72
习题		73
第 3 章	调度与死锁	77
3.1	概述	77
3.2	分级调度	78
3.2.1	高级调度	78
3.2.2	中级调度	78
3.2.3	低级调度	78
3.3	常用调度算法	80
3.3.1	FIFO 调度算法	80
3.3.2	SJF 调度算法	81
3.3.3	HRN 调度算法	82
3.3.4	RR 调度算法	83
3.3.5	优先级调度算法	83
3.3.6	多级反馈队列调度	84
3.4	死锁问题	86
3.4.1	产生死锁的必要条件	86
3.4.2	预防死锁	87
3.4.3	死锁避免及银行家算法	88
3.4.4	死锁的检测	90
3.5	重点演示和交互练习：优先级调度算法	91
小结		93
习题		94
第 4 章	存储器管理	97
4.1	概述	97
4.1.1	存储管理的基本任务	97
4.1.2	存储管理的基本概念	98
4.2	单一连续分配	99
4.2.1	存储区域分配	99
4.2.2	存储区域回收	99
4.3	分区管理	100

4.3.1	固定分区	100
4.3.2	可变分区	100
4.3.3	存储保护	101
4.4	分页管理	102
4.4.1	分页的概念	102
4.4.2	地址映射机构	103
4.4.3	地址变换	104
4.4.4	页的共享	105
4.4.5	保护机制	106
4.5	分段管理	107
4.5.1	分段地址空间	107
4.5.2	段表与地址变换	107
4.5.3	分段与分页的异同点	108
4.6	覆盖与对换	108
4.6.1	覆盖	108
4.6.2	对换	109
4.7	重点演示和交互练习:地址重定位	110
4.7.1	静态重定位	110
4.7.2	动态重定位	111
4.7.3	分页重定位	112
	小结	113
	习题	114
第5章	虚拟存储器	117
5.1	虚拟存储器的概念	117
5.1.1	分级存储体系	117
5.1.2	局部性原理	118
5.1.3	虚拟存储器	118
5.2	请求分页式虚拟存储管理	119
5.2.1	对页式存储技术的改进	119
5.2.2	缺页中断处理过程	119
5.2.3	工作集概念	119
5.3	页面淘汰算法	121
5.3.1	淘汰最老页面的FIFO算法	121
5.3.2	淘汰最近最少使用页面的LRU算法	121
5.3.3	OPT算法	123
5.4	段页式存储管理	123
5.4.1	基本概念	123

5.4.2 地址转换	124
5.4.3 管理算法	124
5.5 重点演示和交互练习：页面淘汰算法	125
小结	127
习题	127
第6章 设备管理	131
6.1 设备管理概述	131
6.1.1 输入输出的硬件组成	131
6.1.2 计算机设备分类	132
6.1.3 设备管理的功能	133
6.1.4 主要数据结构	134
6.2 缓冲技术	134
6.2.1 缓存的作用	134
6.2.2 管理缓冲存储	135
6.3 中断技术	136
6.3.1 中断的作用	136
6.3.2 中断处理过程	136
6.3.3 嵌套中断处理过程	137
6.4 SPOOLing 技术	137
6.4.1 SPOOLing 系统的一般结构	137
6.4.2 SPOOLing 系统的工作原理	138
6.4.3 假脱机打印	138
6.4.4 SPOOLing 系统的优点	138
6.5 设备驱动	139
6.5.1 逻辑设备和物理设备	140
6.5.2 设备状态监视	140
6.5.3 设备驱动程序	141
6.6 磁盘的特性及调度算法	141
6.6.1 活动头磁盘	141
6.6.2 磁盘的存取速度	142
6.6.3 FCFS 调度算法	143
6.6.4 SCAN 及其改进算法	143
6.7 用户请求输入输出的实现过程	144
6.8 重点演示和交互练习：中断过程、磁盘调度、输入输出实现过程	145
小结	145
习题	146

第7章 文件系统	149
7.1 文件与文件系统	149
7.1.1 文件	149
7.1.2 文件系统	149
7.1.3 文件系统模型	150
7.1.4 文件卷	151
7.2 文件的逻辑结构	152
7.2.1 记录式结构	152
7.2.2 流式结构	152
7.3 文件目录组织	152
7.3.1 文件目录	152
7.3.2 目录组织	153
7.3.3 目录检索	154
7.4 文件的物理结构	155
7.4.1 连续结构	155
7.4.2 链接结构	155
7.4.3 索引结构	156
7.5 文件存储空间管理	156
7.5.1 空白文件目录	156
7.5.2 位示图	157
7.5.3 空闲块链	157
7.6 文件保护	157
7.6.1 存取控制矩阵	157
7.6.2 存取控制表	157
7.6.3 口令	158
7.7 文件系统的系统调用	158
7.7.1 用户程序的接口	158
7.7.2 文件句柄	159
7.7.3 open 的实现	160
7.8 重点演示和交互练习: 写文件的实现过程	160
小结	162
习题	163
第8章 操作系统的安全性	165
8.1 问题的提出	165
8.1.1 信息系统面临日益严重的安全性挑战	165
8.1.2 操作系统的脆弱性	167
8.2 操作系统安全机制	169

8.2.1	操作系统的硬件保护	169
8.2.2	注册与身份验证	170
8.2.3	存取控制	172
8.2.4	最小特权原则	172
8.2.5	建立可信通道	174
8.2.6	消除隐蔽通道	174
8.2.7	安全审计	175
8.2.8	病毒防护	175
8.3	操作系统安全评测标准	176
8.3.1	主要的评测标准	176
8.3.2	美国评测标准介绍	178
8.3.3	中国评测标准	179
8.4	UNIX 和 Linux 操作系统的安全性	180
8.4.1	标识与鉴别	181
8.4.2	存取控制	182
8.4.3	审计与加密	182
8.4.4	网络安全	185
8.4.5	备份和恢复	185
8.5	Windows 2000 和 Windows XP 操作系统安全性	186
8.5.1	安全模型	186
8.5.2	文件保护及防盗版安全机制	190
	小结	191
	习题	192
第 9 章	UNIX 和 Linux 实例分析	193
9.1	系统结构	193
9.1.1	UNIX 的特点	193
9.1.2	UNIX 系统结构	193
9.1.3	UNIX 系统的主要数据结构	195
9.2	进程管理	195
9.2.1	进程数据结构	195
9.2.2	进程状态	195
9.2.3	进程的产生与进程族系	196
9.2.4	管道通信机制	197
9.3	内存管理	200
9.3.1	支持虚存和分段	200
9.3.2	swap 交换技术	200
9.4	文件管理	201

9.4.1	文件分类	202
9.4.2	树状层次目录	202
9.4.3	文件空间的组织	203
9.4.4	空闲块的管理	205
9.4.5	有关文件操作的系统调用	207
9.5	设备缓冲管理	211
9.5.1	块缓冲与字符缓冲	211
9.5.2	块缓冲队列管理	211
9.5.3	字符缓冲队列管理	213
9.6	shell 程序设计	213
9.6.1	概述	213
9.6.2	shell 命令及命令的解释执行	214
9.6.3	shell 程序设计	217
9.6.4	shell 程序实例	220
9.7	Linux	222
9.7.1	Linux 的历史	222
9.7.2	Linux 内核	223
9.7.3	Linux 进程	223
9.7.4	Linux 文件系统	223
9.7.5	Linux 磁盘分区	224
9.8	重点演示和交互练习: 文件块的多重索引物理结构	224
	小结	225
	习题	227
第 10 章	Windows 2000 和 Windows XP 实例分析	229
10.1	模型与结构	229
10.1.1	客户机/服务器模型	229
10.1.2	对象模型	230
10.1.3	对称多处理器模型	230
10.1.4	系统结构	231
10.1.5	注册表	233
10.2	对象、进程和线程	234
10.2.1	对象	234
10.2.2	进程	234
10.2.3	线程	236
10.2.4	对象、进程、线程的关系	238
10.3	系统微内核	238
10.3.1	内核概述	238

10.3.2	内核的线程安排与调度	239
10.3.3	描述表切换	240
10.3.4	中断与异常处理	240
10.3.5	内核的互斥机制	241
10.4	虚拟存储器	242
10.4.1	进程的虚拟地址空间	242
10.4.2	虚拟分页的地址变换机构	242
10.4.3	页面调度策略和工作集	242
10.4.4	共享主存——段对象和视口	243
10.5	磁盘与文件管理	244
10.5.1	磁盘管理	244
10.5.2	NTFS 文件系统	245
10.5.3	文件系统的恢复	246
10.6	输入输出子系统	247
10.6.1	输入输出子系统结构	247
10.6.2	高速缓存	247
10.6.3	异步输入输出操作和输入输出请求处理过程	248
10.6.4	映像文件的输入输出	248
10.7	进程通信	249
10.7.1	端口对象	249
10.7.2	LPC 消息传送方法	250
10.8	系统安全性	250
10.8.1	登录进程和安全子系统	250
10.8.2	存取令牌	250
10.8.3	存取控制表	251
10.8.4	主存保护	252
10.9	Windows 2003 简介	252
10.9.1	IIS 6.0 服务	252
10.9.2	集群技术	252
10.9.3	跨域树信任技术	253
10.9.4	终端服务技术	253
10.9.5	SAN/NAS 技术	253
10.9.6	活动目录技术	254
10.9.7	便于 Windows XP 用户登录网络	254
	小结	254
	习题	255
	参考文献	257

第 1 章

CHAPTER

操作系统引论

1.1 操作系统的功能和特征

随着计算机的日益普及,计算机已经进入办公室、课堂、家庭和商场,几乎可以说它无处不在。因为每台计算机上都配有操作系统(operating system, OS)软件,知道操作系统的人越来越多了。那么什么是操作系统?它是干什么的?在计算机系统中它起什么作用?操作系统又是采用什么技术来实现自己的功能?它有什么运行特征?本章将讨论这些问题。

1.1.1 操作系统的功能

可以从几个层面或角度来论述操作系统的功能。

1. 平台与环境功能

顾名思义,平台是起支撑作用的,就像演戏要有舞台一样。人们操作计算机、在计算机上运行程序和开发程序,也要有平台支撑。操作系统是计算机系统平台的重要组成部分。在学习计算机基础时就知道,计算机系统是由计算机硬件和软件组成的。软件有系统软件和应用软件。系统软件又有多种,除了操作系统,还有文字编辑软件、程序编辑与调试软件、数据库系统软件、图形工具软件、语音工具软件、WWW 浏览器和邮件收发软件等。应用软件更是多种多样,举不胜举。在各种软件中,操作系统是最接近硬件的软件,是构成基本计算机系统最不可缺少的软件,是应用软件和其他系统软件的运行平台。操作系统在计算机系统中的地位如图 1.1 所示。

首先,操作系统是计算机用户最基本的操作平台。没有操作系统的计算机是仅有硬件的裸机(bare machine),而裸机是无法操作的。例如,启动运行 Word 程序,操纵键盘输入文字,就多亏了操作系统的支持。没有操作系统的工作,鼠标不起作用,打印机也无法打印。没有操作系统,软盘、硬盘、光盘都是瘫痪的。没有操作系统,再快的 CPU 也发挥不了任何作